Proceedings of 5º Encuentro de Potencia, Instrumentación y Medidas, IEEE, October 19-20, 1999, Montevideo, Uruguay

Intercomparación Regional de Magnitudes Eléctricas SIM - SURAMET

PABLO BERGALLI
Departamento de Metrología Eléctrica
Laboratorio UTE
Montevideo - Uruguay

***Resumen*: Se presentan los resultados de la intercomparación regional de magnitudes eléctricas que comenzara en junio de 1997 organizada por el Sistema Interamericano de Metrología (SIM). Un multímetro digital fue usado como patrón viajero. Los resultados muestran algunas discrepancias dentro de la región, pero son bastante alentadores para el Laboratorio de UTE, al ser esta la primera vez que se participaba en una intercomparación internacional de esta envergadura.**

***Palabras clave*: Intercomparación internacional, tensión continua, tensión alterna, resistencia, corriente continua, corriente alterna.**

I. INTRODUCCIÓN

Es el deseo en el ámbito internacional el crear un marco en el que exista un reconocimiento mutuo de los resultados y certificados de calibración emitidos por los distintos Laboratorios Nacionales. Un requisito básico para que se llegue a estos acuerdos multilaterales es que se debe tener una satisfactoria participación en los programas de comparaciones interlaboratoriales. Los objetivos de una comparación son los de verificar la competencia técnica de los laboratorios con el fin de que sus certificados logren una aceptación internacional.

Con el objeto de comparar las magnitudes eléctricas (tensión, corriente y resistencia) mantenidas en los Laboratorios Nacionales de las Américas, se hicieron circular multímetros digitales como patrones viajeros. Este proyecto fue patrocinado por el Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y solventado económicamente por la Organización de Estados Americanos (OEA).

Participantes de las cinco regiones en que se divide el SIM se reunieron en el National Institute of Standards and Technology (NIST) en marzo de 1997 para comenzar con la comparación. En dicho encuentro se establecieron los protocolos de ensayo y la distribución de los patrones viajeros.

II. EQUIPOS CIRCULANTES

Los patrones viajeros fueron donados al proyecto por los fabricantes de instrumentos Hewlett Packard, Keithley y Wavetek. Estos son multímetros digitales capaces de medir tensión continua, tensión alterna, resistencia, corriente continua y corriente alterna con precisión y estabilidad suficiente de acuerdo al estado del arte de cada una de estas cinco magnitudes eléctricas. En la tabla I se muestran los distintos equipos que circularon según la región.

TABLA I
PATRONES VIAJEROS

ANDIMET	Hewlett Packard 3458A
CAMET	Hewlett Packard 3458A
CARIMET	Keithley 2002
NORAMET	Wavetek 4950 MTS
SURAMET	Wavetek 4950 MTS

SURAMET es la región integrada por Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.

III. LABORATORIOS PARTICIPANTES

1) Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Argentina.
2) Instituto Nacional de Metrología, Normalización y Calidad Industrial (INMETRO), Brasil.
3) Desarrollo de Tecnologías y Sistemas (DTS), Chile.
4) Administración Nacional de Electricidad (ANDE), Paraguay.
5) National Institute of Standards and Technology (NIST), USA.
6) Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE), Uruguay.

Los laboratorios participantes aparecen en este trabajo identificados por un número sin existir relación con la lista anterior, en el caso particular de UTE este aparece claramente identificado por ser el objeto a estudio de este trabajo.

IV. PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA

A. *Modo de Circulación*

Los cinco patrones viajeros fueron previamente calibrados en el NIST en los puntos que se muestran en la tabla II. Los patrones fueron enviados a los laboratorios pivot de cada región metrológica, en el caso del SURAMET, el laboratorio que actuó como pivot fue el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina. Dentro de la región se eligió un modo de circulación tipo estrella, en el que el patrón viajero retorna al laboratorio pivot para que se realice una nueva calibración antes de pasar al siguiente laboratorio.

El instrumento se transportó por correo privado en una valija especialmente acondicionada y con un detector de golpes adosado al mismo.

TABLA II
PUNTOS DE MEDIDA

PUNTO	FUNCION	MAGNITUD	FRECUENCIA
1	Tensión DC	0.1 V	-
2	Tensión DC	1.0 V	-
3	Tensión DC	10.0 V	-
4	Tensión DC	100.0 V	-
5	Tensión AC	0.1 V	0.3 kHz
6	Tensión AC	0.1 V	10.0 kHz
7	Tensión AC	0.1 V	100.0 kHz
8	Tensión AC	1.0 V	0.3 kHz
9	Tensión AC	1.0 V	10.0 kHz
10	Tensión AC	1.0 V	1000.0 kHz
11	Tensión AC	10.0 V	0.01 kHz
12	Tensión AC	10.0 V	0.3 kHz
13	Tensión AC	10.0 V	10.0 kHz
14	Tensión AC	10.0 V	1000.0 kHz
15	Tensión AC	100.0 V	0.055 kHz
16	Tensión AC	100.0 V	1.0 kHz
17	Tensión AC	100.0 V	100.0 kHz
18	Corriente DC	10.0 mA	-
19	Corriente DC	1.0 A	-
20	Corriente AC	10.0 mA	0.3 kHz
21	Corriente AC	10.0 mA	5.0 kHz
22	Corriente AC	1.0 A	0.055 kHz
23	Corriente AC	1.0 A	0.3 kHz
24	Corriente AC	1.0 A	5.0 kHz
25	Resistencia	1.0 Ω	-
26	Resistencia	10.0 Ω	-
27	Resistencia	1.0 kΩ	-
28	Resistencia	100.0 kΩ	-
29	Resistencia	10.0 MΩ	-

B. *Procedimiento de Medida*

En primera instancia se decidió que se calibrara el multímetro con calibradores FLUKE 5700A. En el caso particular del Laboratorio de UTE, esto no fue posible debido a que no se cuenta con un calibrador de dicho modelo, por lo que se decidió realizar la calibración con los patrones de referencia con que cuenta el laboratorio.

1. Tensión Continua

En tensión continua se partió del nivel de 10 V como referencia utilizando una fuente zener FLUKE 732B, y a partir de ella utilizando divisores y método de comparación se derivaron los otros valores de la intercomparación. Para 1 V y 100 mV se utilizó divisor KELVIN-VARLEY en relación 10:1 y 100:1 respectivamente. Para 100 V se comparó la salida del divisor KELVIN-VARLEY en relación 10:1 con la fuente FLUKE 732B.

2. Tensión Alterna

Se midió la diferencia ac-dc en tensión del multímetro utilizando como referencia el transferidor ac-dc LABUTE modelo TUB. La diferencia de voltaje ac-dc se define como:

$$\delta = (Vac-Vdc)/Vdc \qquad (1)$$

donde

Vac valor RMS de la tensión AC medida por el instrumento.

Vdc tensión DC que al invertirse produce la misma salida promedio del transferidor que *Vac*

3. Corriente Continua

Se utilizaron resistencias FLUKE 742A-100 Ω y TETTEX 0.1 Ω como shunts, previamente calibradas contra las resistencias patrón del laboratorio, midiendo la caída de tensión en las mismas al circular la corriente con un multímetro HP 3458A de 8 ½ dígitos calibrado en tensión continua.

4. Corriente Alterna

Al igual que en tensión alterna se midió la diferencia ac-dc de corriente, colocando a la entrada del transferidor, shunts de alterna (LABUTE modelo TUB 10 mA y LABUTE 1 Ω para 1 A). Estos shunts fueron calibrados en alterna por medio del método de respuesta al escalón [1]. El valor absoluto de los shunts no es relevante en medidas de transferencia dado que la corriente DC provee la tensión de referencia al conversor.

5. Resistencia

Medida directa de resistencias patrón en configuración 4 hilos, previamente calibradas contra la resistencia de referencia del Laboratorio: 1 Ω-Thomas L&N modelo 4210. Todas las resistencias utilizadas se encuentran en un baño de aceite con variaciones de temperatura del orden de la centésima de Kelvin.

En el caso particular de la resistencia de 10 MΩ se midió en configuración 2 hilos y al aire.

V. Resultados

A continuación se presentan los resultados proporcionados por los distintos laboratorios, con su correspondiente incertidumbre y error normalizado[1]. Como ilustración de estas tablas se incluyen los gráficos que facilitan la visualización del comportamiento de los laboratorios en cada punto de medida.

Tabla III
Punto 1 - Tensión Continua 0.1 V

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	0.0	5.0	-
LAB-2	4.9	2.0	0,91
LAB-3	-0.1	3.0	0,02
LAB-4	3.8	5.0	0,54
LAB-5	5.0	3.0	0,86
LAB-6	0.3	5.0	0,04
UTE	6.3	7.0	0,73
LAB-8	3.3	5.0	0,47

Tabla IV
Punto 2 - Tensión Continua 1.0 V

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	0.1	2.5	-
LAB-2	0.1	1.0	0,00
LAB-3	0.6	0.2	0,20
LAB-4	-1.7	2.0	0,56
LAB-5	0.0	3.0	0,03
LAB-6	2.7	1.0	0,97
UTE	1.4	1.9	0,41
LAB-8	2.1	1.0	0,74

Tabla V
Punto 3 - Tensión Continua 10.0 V

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	0.2	2.0	-
LAB-2	0.1	1.0	0,04
LAB-3	0.1	0.2	0,05
LAB-4	0.6	2.0	0,14
LAB-5	-0.7	3.0	0,25
LAB-6	1.4	2.0	0,42
UTE	1.7	1.5	0,60
LAB-8	0.8	2.0	0,21

Tabla VI
Punto 4 - Tensión Continua 100.0 V

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-0.7	3.0	-
LAB-2	-1.2	2.0	0,14
LAB-3	7.5	0.3	2,72
LAB-4	-4.2	3.0	0,82
LAB-5	-2.0	3.0	0,31
LAB-6	-0.1	3.0	0,14
UTE	2.7	1.9	0,96
LAB-8	1.1	3.0	0,42

Tabla VII
Punto 5 - Tensión Alterna 0.1 V - 300 Hz

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-95	-	-
LAB-2	-65	60	-
LAB-3	-42	8.0	0,38
LAB-4	-53	80	0,12
LAB-5	160	25	3,46
LAB-6	-70	80	0,05
UTE	-33	25	0,49
LAB-8	-103	80	0,38

Tabla VIII
Punto 6 - Tensión Alterna 0.1 V - 10 kHz

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-70	-	-
LAB-2	-60	61	-
LAB-3	-34	7.0	0,41
LAB-4	-22	85	0,36
LAB-5	140	25	3,03
LAB-6	-34	85	0,24
UTE	-6.2	33	0,77
LAB-8	-59	85	0,01

Tabla IX
Punto 7 - Tensión Alterna 0.1 V - 100 kHz

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-30	-	-
LAB-2	-171	100	-
LAB-3	110	22	2,74
LAB-4	-125	120	0,29
LAB-5	250	32	4,01
LAB-6	-137	120	0,22
UTE	-110	230	0,24
LAB-8	-128	120	0,27

Tabla X
Punto 8 - Tensión Alterna 1.0 V - 300 Hz

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-3.0	20	-
LAB-2	-0.5	10	0,11
LAB-3	-7.8	4.0	0,24
LAB-4	1.3	20	0,15
LAB-5	-4.0	25	0,03
LAB-6	13	20	0,56
UTE	10	10	0,58
LAB-8	4.5	20	0,26

Tabla XI
Punto 9 - Tensión Alterna 1.0 V - 10 kHz

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	5.0	20	-
LAB-2	8.7	11	0,16
LAB-3	50	8.0	2,11
LAB-4	8.5	20	0,12
LAB-5	-13	25	0,56
LAB-6	19	20	0,50
UTE	20	12	0,64
LAB-8	14	20	0,31

Tabla XII
Punto 10 - Tensión Alterna 1.0 V - 1 MHz

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-	-	-
LAB-2	-36	136	-

[1] El error normalizado es un cálculo realizado por el autor, no forma parte de los resultados presentados oficialmente.

LAB-3	-	-	-
LAB-4	-133	140	0,50
LAB-5	-7000	75	44,84
LAB-6	64	143	0,50
UTE	-	-	-
LAB-8	220	167	1,19

TABLA XIII

PUNTO 11 - TENSIÓN ALTERNA 10 V - 10 HZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-15	30	-
LAB-2	-11	50	0,07
LAB-3	653	70	8,77
LAB-4	-13	90	0,02
LAB-5	-19	25	0,10
LAB-6	-15	90	0,00
UTE	-6.0	18	0,26
LAB-8	-11	90	0,04

TABLA XIV

PUNTO 12 - TENSIÓN ALTERNA 10 V - 300 HZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-8.0	15	-
LAB-2	-15	10	0,37
LAB-3	-14	8.0	0,36
LAB-4	-15	20	0,27
LAB-5	3.0	25	0,38
LAB-6	-7.5	20	0,02
UTE	-14	10	0,33
LAB-8	-13	20	0,18

TABLA XV

PUNTO 13 - TENSIÓN ALTERNA 10 V - 10 kHZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-6.0	15	-
LAB-2	-14	10	0,44
LAB-3	47	5.0	3,34
LAB-4	-15	20	0,35
LAB-5	4.0	25	0,34
LAB-6	-8.2	20	0,09
UTE	-8.0	12	0,10
LAB-8	-14	20	0,33

TABLA XVI

PUNTO 14 - TENSIÓN ALTERNA 10 V - 1 MHZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-	-	-
LAB-2	226	104	-
LAB-3	-	-	-
LAB-4	207	141	0,11
LAB-5	-7500	76	59,98
LAB-6	258	147	0,18
UTE	-	-	-
LAB-8	298	140	0,41

TABLA XVII

PUNTO 15 - TENSIÓN ALTERNA 100 V - 55 HZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-2..0	20	-
LAB-2	-2.7	10	0,03
LAB-3	-44	17	1,60
LAB-4	-1.2	22	0,03
LAB-5	10	25	0,37
LAB-6	8.5	15	0,42
UTE	-8.0	11	0,26
LAB-8	-1.5	15	0,02

TABLA XVIII

PUNTO 16 - TENSIÓN ALTERNA 100 V - 1 kHZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	4.0	20	-
LAB-2	8.7	22	0,16
LAB-3	18	11	0,62
LAB-4	7.7	22	0,12
LAB-5	2.0	25	0,06
LAB-6	13	22	0,30
UTE	3.0	10	0,04
LAB-8	3.4	22	0,02

TABLA XIV

PUNTO 17 - TENSIÓN ALTERNA 100 V - 100 kHZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-60	50	-
LAB-2	100	30	0,68
LAB-3	-61	20	2,25
LAB-4	63	70	0,03
LAB-5	-64	25	2,22
LAB-6	71	70	0,12
UTE	71	140	0,07
LAB-8	66	70	0,07

TABLA XX

PUNTO 18 - CORRIENTE CONTINUA 10 mA

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	3.4	7.0	-
LAB-2	6.4	5.0	0,35
LAB-3	-236	6.3	25,4
LAB-4	0.8	5.0	0,30
LAB-5	9.0	15	0,34
LAB-6	5.8	5.0	0,28
UTE	6.5	5.0	0,36
LAB-8	1.9	5.1	0,17

TABLA XXI

PUNTO 19 - CORRIENTE CONTINUA 1 A

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	30	18	-
LAB-2	32	10	0,12
LAB-3	195	38	3,96
LAB-4	33	21	0,11
LAB-5	-101	15	5,57
LAB-6	25	20	0,16
UTE	-78	14	4,72
LAB-8	3.9	22	0,91

TABLA XXII

PUNTO 20 - CORRIENTE ALTERNA 10 mA - 300 HZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-25	80	-
LAB-2	-20	19	0,05
LAB-3	-335	19	3,77
LAB-4	-28	30	0,04
LAB-5	30	50	0,58
LAB-6	-33	30	0,09
UTE	-53	35	0,33
LAB-8	-54	30	0,35

TABLA XXIII

PUNTO 21 - CORRIENTE ALTERNA 10 mA - 5 kHZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-87	100	-
LAB-2	-96	67	0,08
LAB-3	-242	14	1,54
LAB-4	-82	67	0,04
LAB-5	43	50	1,16
LAB-6	-104	67	0,15
UTE	-180	50	0,83
LAB-8	-86	67	0,07

TABLA XXIV

PUNTO 22 - CORRIENTE ALTERNA 1 A - 55 HZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	27	80	-
LAB-2	16	21	0,15
LAB-3	-96	15	1,51
LAB-4	9.5	31	0,21
LAB-5	-120	50	1,56
LAB-6	0.6	30	0,31
UTE	-100	30	1,49
LAB-8	-41	31	0,79

TABLA XXV

PUNTO 23 - CORRIENTE ALTERNA 1 A - 300 HZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-0.1	80	-
LAB-2	7.7	20	0,09
LAB-3	-65	6.0	0,81
LAB-4	-1.7	30	0,02
LAB-5	-92	50	0,97
LAB-6	-11	30	0,13
UTE	-120	30	1,40
LAB-8	-51	31	0,60

TABLA XXVI

PUNTO 24 - CORRIENTE ALTERNA 1 A - 5 kHZ

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-152	100	-
LAB-2	-170	130	0,11
LAB-3	-647	7.0	4,94
LAB-4	-207	134	0,33
LAB-5	518	50	5,99
LAB-6	-199	130	0,29
UTE	-770	102	4,33
LAB-8	-320	130	1,02

TABLA XXVII

PUNTO 25 - RESISTENCIA 1 OHM

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-	-	-
LAB-2	-9.9	9.2	-
LAB-3	3.8	7.9	1,13
LAB-4	-17	8.9	0,55
LAB-5	18	2.0	2,93
LAB-6	-50	6.4	3,58
UTE	5.5	3.0	1,59
LAB-8	-23	6.6	1,19

TABLA XXVIII

PUNTO 26 - RESISTENCIA 10 OHM

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	2.5	5.0	-
LAB-2	-1.3	1.3	0,74
LAB-3	-45	4.4	7,18
LAB-4	-2.7	5.1	0,73
LAB-5	1.4	1.0	0,22
LAB-6	-5.8	5.0	1,17
UTE	1.5	2.9	0,17
LAB-8	-3.1	5.0	0,79

TABLA XXIX

PUNTO 27 - RESISTENCIA 1 kOHM

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-1.3	2.0	-
LAB-2	-0.4	1.0	0,40
LAB-3	-53	2.1	17,7
LAB-4	-0.8	2.0	0,18
LAB-5	2.0	1.0	1,48
LAB-6	1.5	2.0	0,99
UTE	0.2	2.9	0,43
LAB-8	3.0	2.0	1,52

TABLA XXX

PUNTO 28 - RESISTENCIA 100 kOHM

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	-0.4	3.0	-
LAB-2	-4.7	1.0	1,36
LAB-3	8.2	1.0	2,72
LAB-4	-4.9	3.0	1,06
LAB-5	13	2.0	3,72
LAB-6	-4.5	3.0	0,97
UTE	-2.9	7.4	0,31
LAB-8	0.0	3.0	0,09

TABLA XXXI

PUNTO 29 - RESISTENCIA 10 MOHM

Laboratorio	Error Medido (ppm)	Incertidumbre (ppm)	Error Normalizado
LAB-1	17	70	-
LAB-2	8.7	5.0	0,12
LAB-3	-15	1.0	0,45
LAB-4	9.3	8.0	0,11
LAB-5	30	17	0,18
LAB-6	11	8.0	0,09
UTE	20	16	0,04
LAB-8	13	8.0	0,06

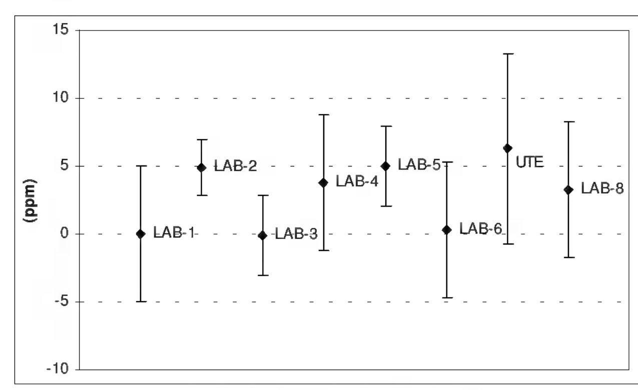


Gráfico 1 - Tensión Continua 0.1 V

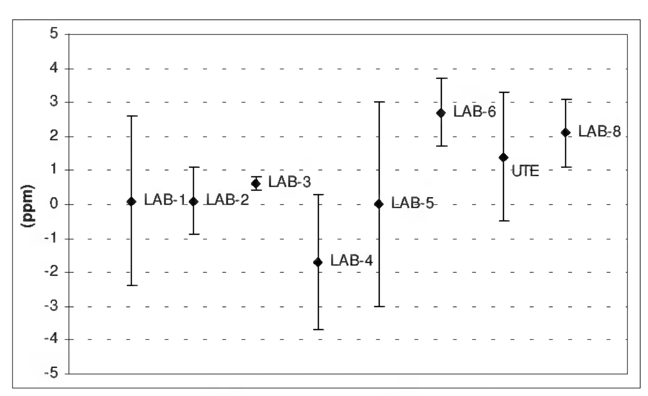


Gráfico 2 - Tensión Continua 1 V

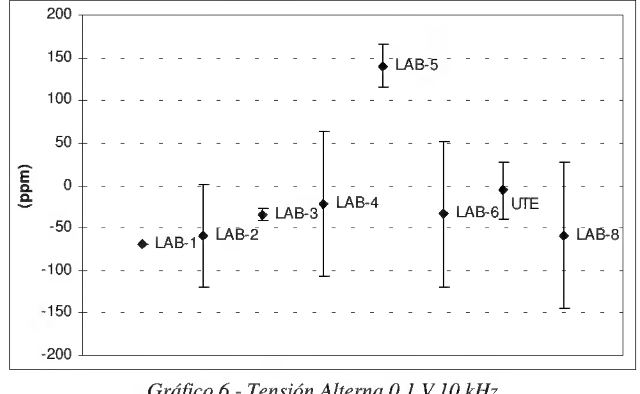


Gráfico 6 - Tensión Alterna 0.1 V 10 kHz

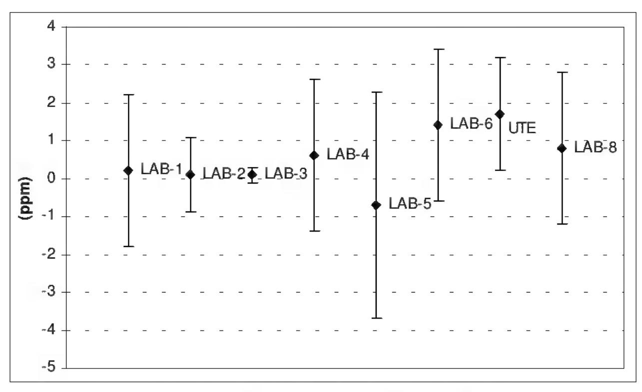


Gráfico 3 - Tensión Continua 10 V

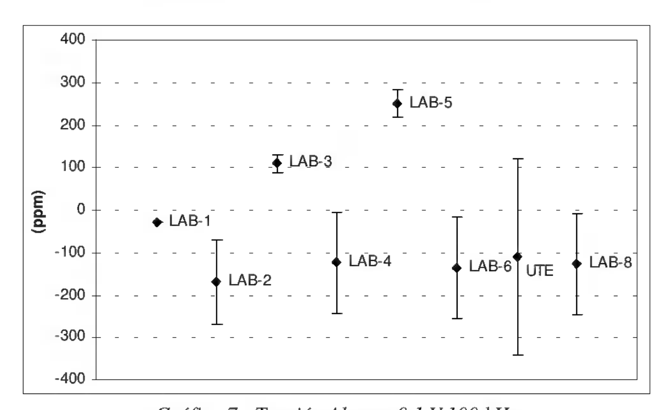


Gráfico 7 - Tensión Alterna 0.1 V 100 kHz

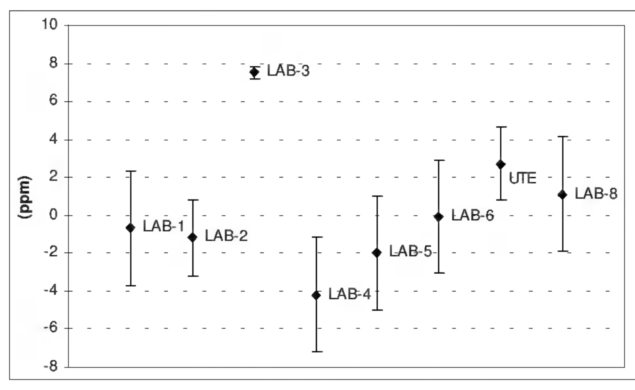


Gráfico 4 - Tensión Continua 100 V

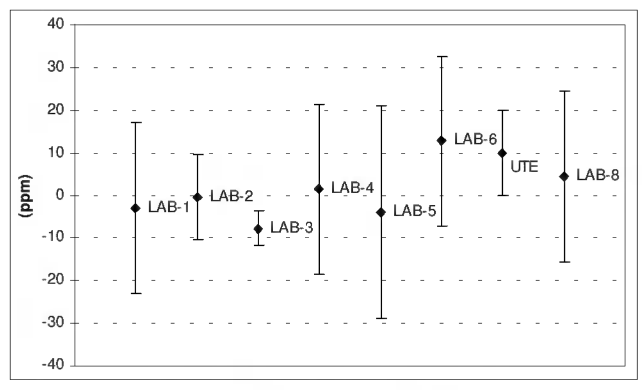


Gráfico 8 - Tensión Alterna 1 V 300 Hz

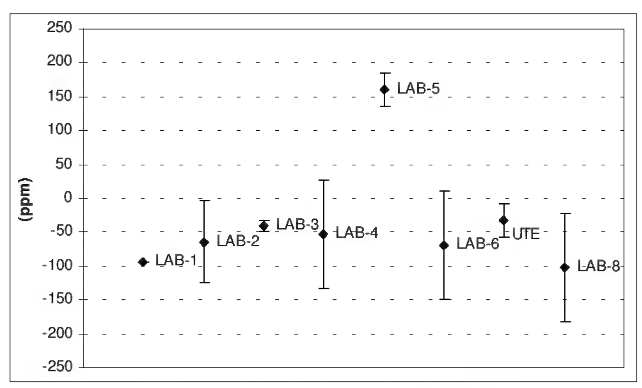


Gráfico 5 - Tensión Alterna 0.1 V 300 Hz

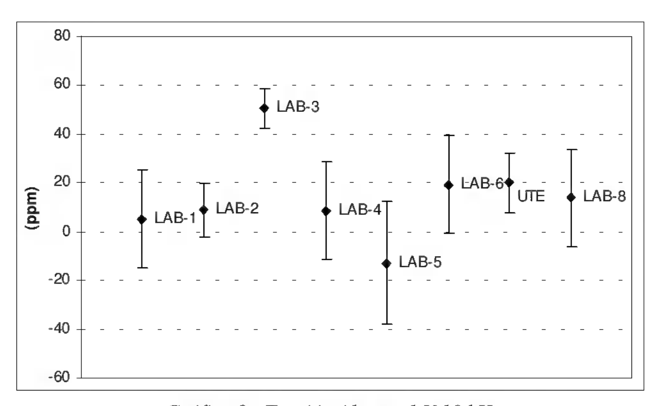


Gráfico 9 - Tensión Alterna 1 V 10 kHz

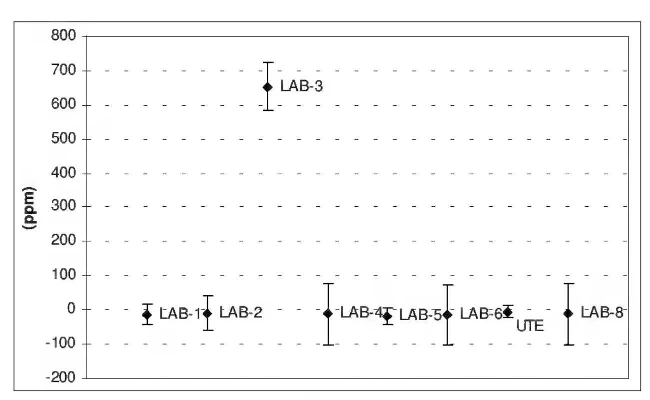


Gráfico 10 - Tensión Alterna 10 V 10 Hz

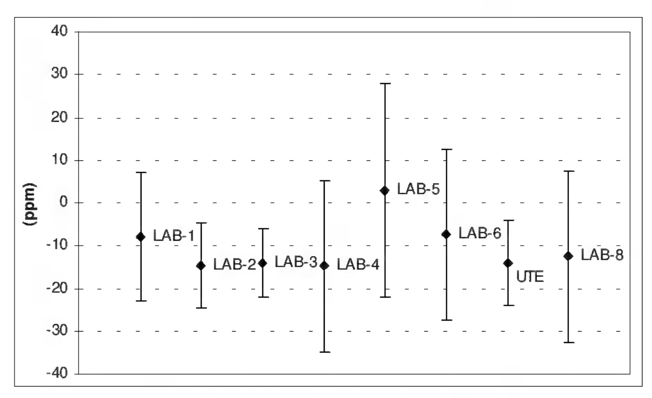


Gráfico 11 - Tensión Alterna 10 V 300 Hz

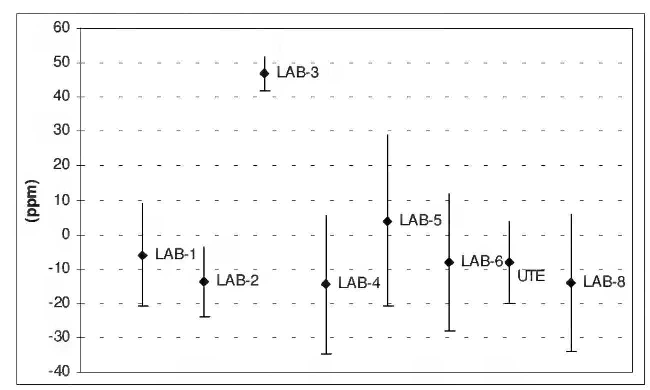


Gráfico 12 - Tensión Alterna 10 V 10 kHz

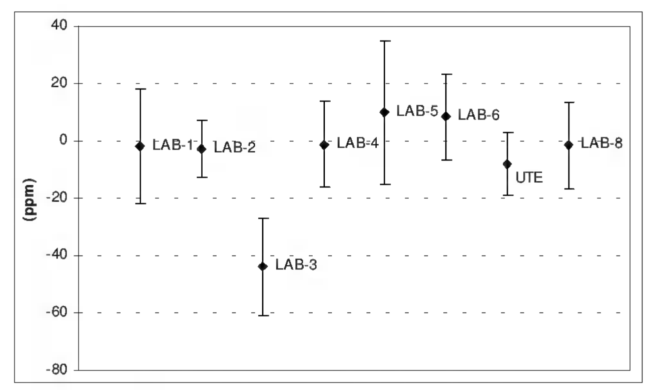


Gráfico 13 - Tensión Alterna 100 V 55 Hz

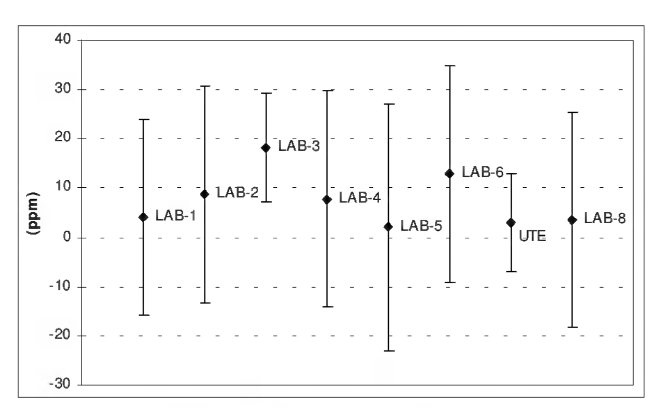


Gráfico 14 - Tensión Alterna 100 V 1 kHz

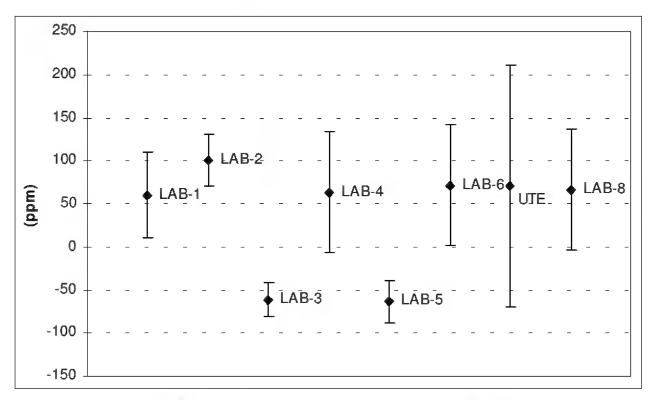


Gráfico 15 - Tensión Alterna 100 V 100 kHz



Gráfico 16 - Corriente Continua 10 mA

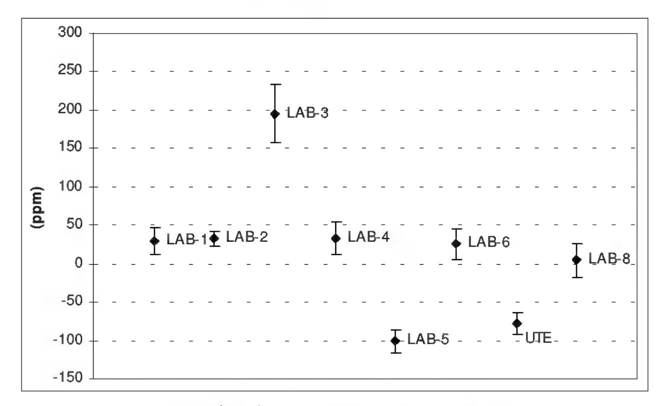


Gráfico 17 - Corriente Continua 1 A

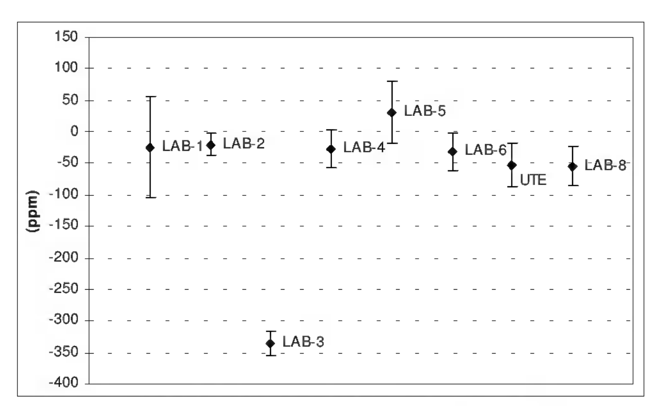


Gráfico 18 - Corriente Alterna 10 mA 300 Hz

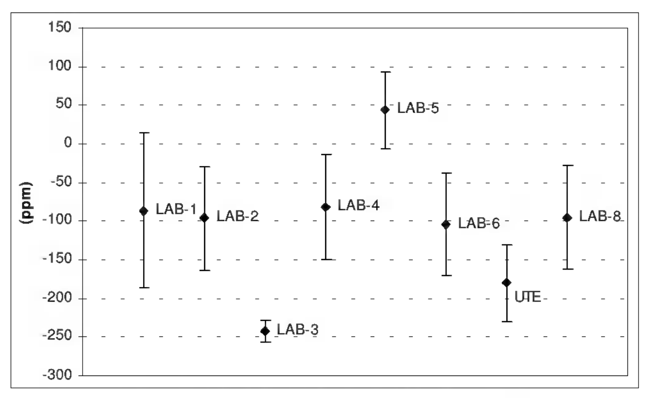


Gráfico 19 - Corriente Alterna 10 mA 5 kHz

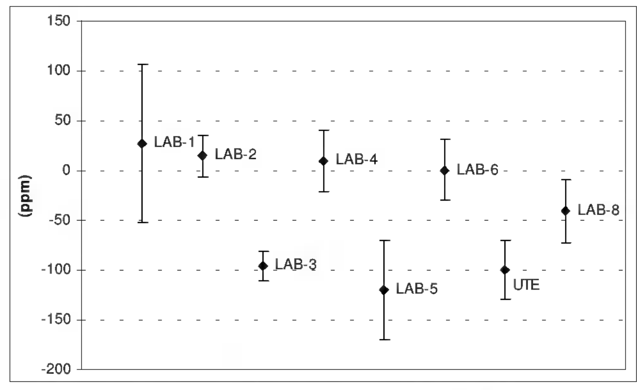


Gráfico 20 - Corriente Alterna 1 A 55 Hz

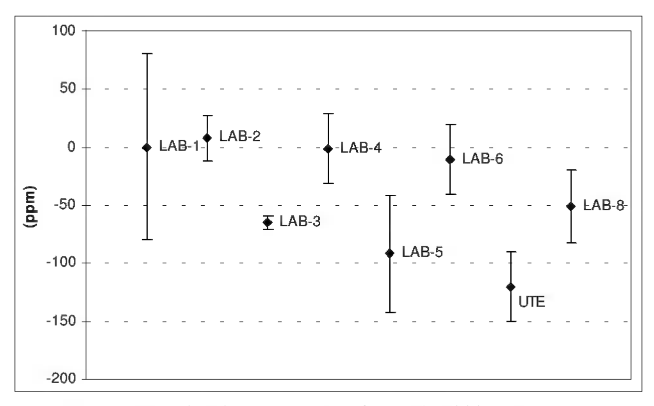


Gráfico 21 - Corriente Alterna 1 A 300 Hz

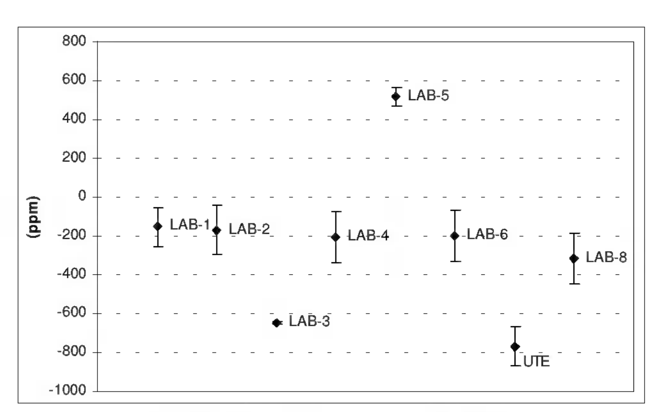


Gráfico 22 - Corriente Alterna 1 A 5 kHz

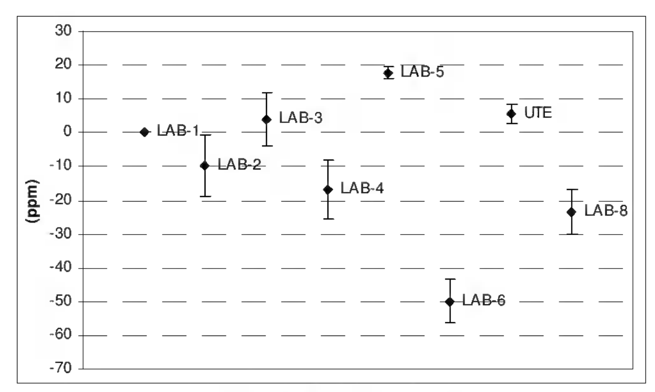


Gráfico 23 - Resistencia 1 Ohm

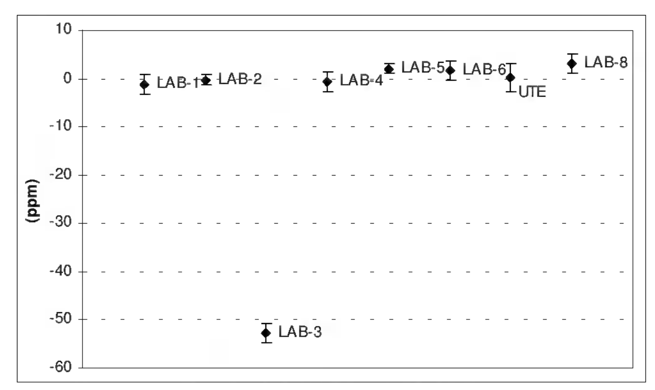


Gráfico 24 - Resistencia 10 Ohm

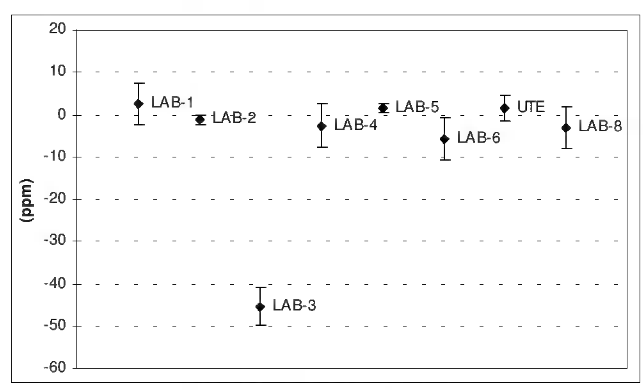


Gráfico 25 - Resistencia 1 kOhm

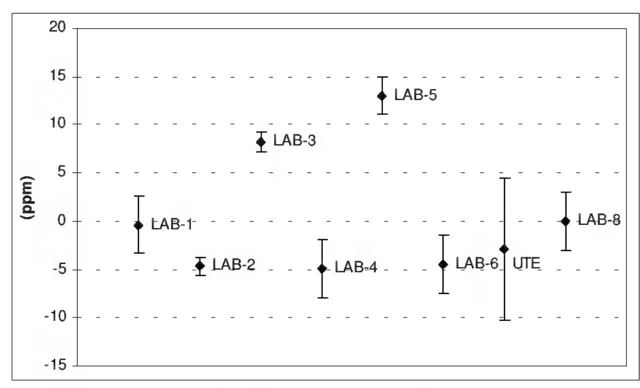


Gráfico 26 - Resistencia 100 kOhm

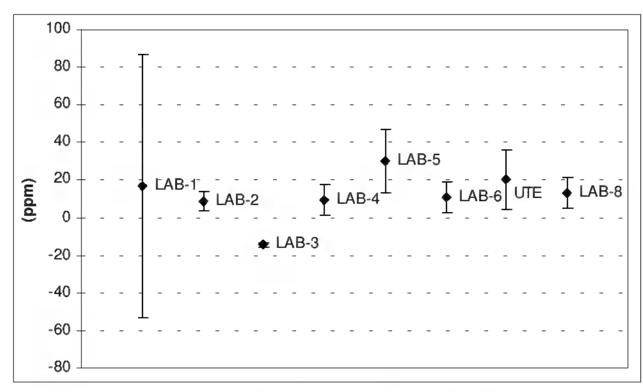


Gráfico 27 - Resistencia 1 MOhm

VI. INCERTIDUMBRES

La incertidumbre estándar combinada (k=1) debía informarse para cada punto medido basándose en la *Guía para la Expresión de Incertidumbre en las Medidas* [2].

Se realizaron cinco medidas independientes para cada punto de ensayo a fin de tener una base estadística para el cálculo de incertidumbres.

La componente tipo A se calcula a partir de las medidas realizadas, por métodos estadísticos.

Para n observaciones independientes X_k se definen:

Promedio de la muestra

$$X_i=(1/n) \sum X_k \tag{2}$$

Desviación estándar del promedio

$$u(x_i) = [1/(n(n-1))\sum(X_i-X_k)^2]^{1/2} \tag{3}$$

Para las componentes tipo B cada uno de los participantes de la ronda debía estimarlo de acuerdo a los patrones de referencia y sistemas de medida utilizados sin tener en cuenta la incertidumbre del patrón viajero.

Por último se calcula la incertidumbre estándar combinada u_c combinando las tipo A y tipo B usando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados.

$$u_c=(A^2+ \sum B_i^2)^{1/2} \tag{4}$$

Donde A es la desviación estándar de los valores tipo A y B_i es la desviación de las tipo B.

VII. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para realizar un análisis de los resultados se calcula el error normalizado [3] de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_n= |X_{lab}-X_{ref}| \,/\, (u_{clab}^2 + u_{cref}^2)^{1/2} \tag{5}$$

Donde:

E_n error normalizado
X_{lab} resultado del laboratorio participante
X_{ref} resultado del laboratorio de referencia
u_{clab} incertidumbre estándar del laboratorio participante
u_{cref} incertidumbre estándar del laboratorio de referencia.

Los laboratorios cuyo error normalizado es menor que 1, es compatible con el error del laboratorio de referencia. Errores normalizados mayores o iguales a uno implican una incompatibilidad de los resultados. En el caso de este trabajo se calculó el error normalizado tomando como laboratorio de referencia al Laboratorio 1, y en el caso que no informó errores o incertidumbres se tomó al Laboratorio 2 como referencia.

VIII. CONCLUSIONES

A través de los resultados enviados por los laboratorios y los cálculos derivados de los mismos que se pueden realizar las siguientes consideraciones.

1. Compatibilidad

Verificando los errores normalizados de las tablas podemos concluir que existió un nivel elevado de incompatibilidad de los laboratorios de la región con el laboratorio tomado como referencia. Este grado de incompatibilidad surge básicamente de los siguientes puntos:

a) El laboratorio N°3 presenta más del 50% de resultados incompatibles, esto debido a que se informaron errores elevados con incertidumbres bajas en la mayoría de los casos.

b) Incertidumbres producidas por el patrón viajero, como ser medida de 1Ω en la que el instrumento pierde un dígito de resolución, corriente alterna y continua 1A en que el instrumento requiere de un período de estabilización térmica mayor a 1 hora, no fueron

consideradas al momento de la evaluación de la incertidumbre total de la medida.

2. Resultados del Laboratorio UTE

Es de notar que los resultados informados por el Laboratorio de UTE son por más satisfactorios. Unicamente se presentan diferencias con los otros laboratorios en los puntos de corriente alterna y continua de 1A debido fundamentalmente a deriva térmica tanto del shunt como del patrón viajero, y en la medida de 1Ω en la que se presenta una dispersión grande entre los valores informados por todos los laboratorios.

3. Organización General

La ronda de intercomparación se alargó demasiado en el tiempo debido fundamentalmente al envío del equipo por correo y las trabas aduaneras que se presentaron, las cuales pueden reducirse con el traslado del mismo de mano de un laboratorio a otro.

Aún no se ha emitido un informe oficial de la ronda con lo que se retrasa aun más las acciones correctivas en los distintos laboratorios con miras a una nueva ronda de intercomparaciones previstas para el año que viene.

Reconocimientos

En especial a todos los integrantes del departamento de Metrología Eléctrica del Laboratorio de UTE los cuales realizaron un gran esfuerzo para poder participar en esta intercomparación.

Referencias

[1] D.Slomovitz, P.Bergalli, J.Fernandez, "Evaluation of Low-Frequency Voltage Dividers Using the Step Response", Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 98), 7 de julio de 1998, Washington, DC, USA.

[2] "Guía para la Expresión de Incertidumbre en las Medidas" 1995, 1era edición, BIMP/IEC/IFCC/ISO/UPAP/OIML

[3] "Profency testing by interlaboratory comparisons". ISO/IEC Guide 43-1, 1997.

Datos Biográficos



Bergalli, Pablo nació en Montevideo, Uruguay, el 16 de marzo de 1971. Recibió el título de Ingeniero Electricista de la Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, en 1997.
Desde 1993 trabaja en UTE, desempeñándose en el Departamento de Metrología Eléctrica del Laboratorio.